中華農業氣象(Chinese J. Agromet.) 5(3):133-142,1998

研究報告(Original Paper)

# 有效熱單位對水稻葉齡表現之影響

羅正宗 陳一心

嘉義農業試驗分所

## 摘 要

本試驗以25個逢機選取自台灣地區過去育成的水稻品種爲材料，於1995年二期作及1996年一期作進行田間試驗調查，探討有效熱單位對水稻葉齡表現之影響。試驗結果顯示一期作因葉片伸展期之氣溫較低，水稻達到劍葉抽出之日數較二期作爲長，但若以有效累積熱單位表達，則一期作達劍葉抽出所需之量較二期作低。唯在兩期作中，移植後初期，及葉片伸展後期之單位葉齡及葉齡指數所需之有效累積熱單位較其它時期爲高。另分析不同生長期單位葉齡及葉齡指數伸長所需之有效累積熱單位，結果顯示兩期作之生殖生長期均較營養生長期爲高，唯在期作間，營養生長期所需之有效累積熱單位於二期作較一期作爲高，但生殖生長期則無顯著差異。

關鍵詞：水稻，有效熱單位，葉齡，葉齡指數。

## The Effect of Effective Heat Unit on Leaf Number Expression of Rice

Jeng-Chung Lo and Yi-Hsin Chen (Chia-Yi Agricultural Research Station, TARI, Chia-Yi, Taiwan, R.O.C.)

**ABSTRACT:** Twenty-five varieties were used to study the effect of effective heat unit on leaf number expression of rice. Effective heat unit sumlation (EHUS) of rice plants reached to flag leaf expansion in the 1st crop season were obviously lower than those of rice in the 2nd crop season. EHUS of early and late period of rice leaf expansion on per leaf number (LN) and leaf number index (LNI) were higher than other stages. Rice plants in reproductive growth period of the 1st and the 2nd crop seasons seemed to require higher EHUS for leaf expansion. While in the vegetative growth period of the 2nd crop season, the EHUS requirement for leaf expansion seemed higher than those of the 1st crop season.

**Key word:** Rice, Effective heat unit, Leaf number, Leaf number index.

## 前 言

作物生育過程伴隨著複雜的生理及生化反應發生，各生育階段的長短或發育速率的快慢均受遺傳特性及環境因子之影響。人類依作物與環境之關係，爲了有效利用氣候資源進行作物生產，因而選擇合適的品種或調整耕作時期，此均是由環境適應性的角度出發。雖是如此，但人類對作物生育過程及生產力受環境影響之相關知識仍十分貧乏 (Horie *et al.*, 1992)。唯，已知作物對氣候環境因子的反應，在不同物種間或同一物種之不同品種間，以及同一品種之不同生育階段的發育速率均有所不同 (Hodges, 1991)。因此，探究作物不同生育階段與氣候因子間的關係，期能了解

收到稿件(Received)： 18 Mar. 1998. 接受刊登(Accepted)： 18 Jun. 1998.

及判別作物生育過程中某些不易由肉眼從植株外部形態作正確判斷的重要時期，如水稻幼穗形成期等，須行正確且適當的投施與管理工作，對作物潛在生產力的發揮及生產成本之降低均有所助益。

水稻產量的形成是由於一系列相承發育的產量構成因素之生長過程，此循一定發育順序的生長過程均受當時之生長環境所影響，氣象變數並非直接影響產量，是在不同生育階段透過對產量構成因素的影響而間接影響產量 (郎, 1979)，且 Matsushima (1980) 曾謂：水稻四個產量構成因素各有其決定時期。因此, 若欲由氣象變數來建立水稻產量的預估或估測模式, 應先瞭解水稻產量構成因素的發育過程, 及不同階段各生育量與氣象變數間的關係，尋求影響各構成因素之生長、發育的主要氣象變數與時期，才能建立預估能力較高的模式 (李, 1990)。於田間進行投施管理工作需賴於水稻生育階段之穩定評估，Katayama (1951) 曾指出：水稻葉片的伸長與分蘗、節間及幼穗發育間存在有密切的同步生長 (synchronous growth) 關係，因此，利用葉齡以表示水稻不同生育階段，較能正確反映稻株的生理年齡或實際生育進程 (Matsushima, 1980)。故對水稻不同生育階段之估測實有實際應用及研究之價值，因此，本試驗嘗試以探討溫度對水稻葉片伸長之效應，瞭解並探討在不同生育期以有效累積溫度估測水稻葉齡之可行性，以作爲將來進行水稻發育階段估測之應用參考。

## 材料與方法

試驗於1995年二期作及1996年一期作在嘉義農業試驗分所溪口試驗農場進行，自「台灣稻作品種圖誌」所列之梗稻品種及新近育成之台梗1號至台梗12號品種中逢機選取25個品種 (表1 及表2) 爲參試材料，田間採逢機完全區集設計 (RCBD)，三重複，單本植，每品種 6 行× 10 株，行株距 25 × 20 cm ，每小區面積爲 3m$^2$ ，全期N 、P 、K 用量分別爲 120 、60 、60 kg ha$^{-1}$ ，管理則依一般慣行法行之。

調查選株爲選取每小區中間之六株，移植後立即測定各株之葉齡，二期作因葉片生育期溫度較高，生長快速，故每5 至7 天調查一次，一期作則因生育期溫度較低，每7 至10 天調查一次。調查時以紅色油性簽字筆於最上位未完全伸長出之葉片與下一葉葉舌相接處作一記號，計數生長葉片數，並於下一次調查時測記前一次作記號之葉片長，以計算葉齡，直至劍葉完全抽出爲止，葉齡之計算以完全抽出之葉數加上未完全抽出之葉片長度除以該葉片之葉長，葉齡指數則爲調查時之葉齡除以總葉數再乘以100% 。由於水稻劍葉抽出 (葉齡指數達100) 後，無法再以葉齡或葉齡指數方式表示植株之發育狀態，故本試驗調查時，當各小區品種中有選株葉齡指數達100時，即不再予以計算該小區品種之平均葉齡，以免低估該品種之發育進度。

以嘉義農業試驗分所溪口試驗農場所設立之氣象二級站觀測之氣溫資料進行分析，以日最高溫及最低溫之平均作爲日平均氣溫，並依 Hodges (1991) 所謂之一般進行水稻生長動態模擬模式開發時所用之基礎溫度爲8 ℃，以日均溫減去基礎溫度作爲每日有效熱單位 (effective heat unit)，測計不同調查時期之累積有效熱單位與該時期之葉齡及葉齡指數進行分析 (唯各小區供分析之資料，以受測選株的葉齡指數均未超過100% 之調查時期爲止)，以了解溫度對水稻葉片伸長之影響。

## 結果與討論

由調查結果顯示一期作因葉片伸展期

Table 1. Varietal difference in effective heat unit summation and growth days for leaf emergence with leaf number and leaf number index of twenty-five varieties during the 2nd crop season, 1995.

| Variety | DAT[a] / EHUS[b] | 0 / 0 | 5 / 109.5 | 10 / 212.5 | 17 / 363.7 | 24 / 511.8 | 30 / 642.9 | 36 / 778.4 | 43 / 923.9 | 51 / 1062. | 58 / 1202. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | leaf number | | | | | | | | | |
| TK11 | | 3.24 | 4.40 | 5.67 | 7.75 | 9.45 | 10.68 | 11.76 | 12.68 | 13.92 | |
| KH10 | | 3.19 | 4.01 | 5.59 | 8.15 | 9.64 | 11.14 | 12.25 | 13.20 | 14.34 | 15.53 |
| TN9 | | 3.00 | 3.79 | 5.03 | 7.25 | 9.10 | 10.61 | 11.83 | 12.84 | 14.19 | |
| TN6 | | 3.22 | 3.66 | 4.52 | 6.80 | 8.66 | 10.04 | 11.61 | 12.84 | 14.19 | 15.46 |
| TN5 | | 3.04 | 3.80 | 4.57 | 6.85 | 8.71 | 10.13 | 11.47 | 12.53 | 13.84 | 15.19 |
| TT27 | | 3.16 | 4.00 | 4.90 | 7.29 | 9.23 | 10.81 | 12.10 | 13.15 | 14.44 | 15.66 |
| KHS1 | | 3.36 | 4.45 | 5.55 | 7.83 | 9.62 | 11.05 | 12.43 | 13.58 | 15.06 | 16.72 |
| KH142 | | 2.81 | 3.50 | 4.19 | 6.37 | 8.00 | 9.63 | 10.80 | 11.83 | 13.28 | |
| KH141 | | 3.08 | 4.39 | 5.70 | 7.77 | 9.45 | 10.80 | 12.02 | 13.05 | 14.31 | |
| TK10 | | 3.26 | 3.99 | 4.72 | 4.76 | 8.57 | 9.87 | 11.27 | 12.66 | 13.81 | 14.91 |
| TT28 | | 3.28 | 4.20 | 5.24 | 7.62 | 9.52 | 11.18 | 12.48 | 13.61 | 14.98 | 16.24 |
| TK8 | | 3.01 | 3.89 | 4.82 | 6.93 | 8.59 | 10.12 | 11.31 | 12.35 | 13.64 | |
| TC190 | | 2.95 | 4.23 | 5.90 | 8.07 | 9.77 | 11.06 | 12.23 | 13.34 | | |
| TC189 | | 3.08 | 3.70 | 4.77 | 6.94 | 8.68 | 10.09 | 11.55 | 12.44 | 13.79 | 15.04 |
| TC65 | | 3.13 | 4.18 | 5.63 | 7.78 | 9.29 | 10.65 | 12.03 | 13.17 | 14.35 | 15.47 |
| TC180 | | 3.30 | 4.17 | 5.45 | 7.44 | 9.33 | 11.28 | 12.56 | 13.66 | 14.99 | 16.27 |
| TK6 | | 3.21 | 4.33 | 5.45 | 7.50 | 9.36 | 10.61 | 11.86 | 12.93 | 14.28 | 15.84 |
| TNG67 | | 2.97 | 4.00 | 5.34 | 7.56 | 9.23 | 10.37 | 11.43 | 12.41 | 13.62 | |
| TNG70 | | 3.22 | 4.23 | 5.63 | 7.87 | 9.69 | 11.38 | 12.62 | 13.62 | 14.95 | |
| CH64 | | 3.04 | 3.95 | 4.86 | 7.03 | 8.70 | 10.19 | 11.31 | 12.34 | 13.62 | 14.86 |
| CH56 | | 3.18 | 4.37 | 5.57 | 7.77 | 9.53 | 10.96 | 12.28 | 13.34 | 14.72 | |
| TP309 | | 3.02 | 4.32 | 5.92 | 8.02 | 9.72 | 11.27 | 12.43 | 13.47 | 14.83 | 16.04 |
| KF1 | | 3.17 | 4.04 | 4.92 | 7.12 | 8.91 | 10.30 | 11.67 | 12.72 | 13.89 | 15.10 |
| CNG242 | | 3.30 | 4.46 | 5.63 | 7.82 | 9.55 | 11.04 | 12.41 | 13.59 | 14.69 | 15.90 |
| CN8 | | 3.19 | 4.15 | 5.11 | 7.32 | 9.10 | 10.61 | 12.05 | 12.96 | 14.27 | |
| | | leaf number ndex(%) | | | | | | | | | |
| TK11 | | 21 | 27 | 35 | 48 | 59 | 67 | 73 | 79 | 87 | |
| KH10 | | 19 | 26 | 35 | 52 | 61 | 71 | 78 | 84 | 91 | 99 |
| TN9 | | 20 | 25 | 33 | 48 | 60 | 70 | 78 | 84 | 93 | |
| TN6 | | 20 | 23 | 28 | 42 | 54 | 63 | 73 | 80 | 89 | 97 |
| TN5 | | 20 | 25 | 30 | 45 | 57 | 66 | 75 | 82 | 90 | 99 |
| TT27 | | 20 | 25 | 31 | 46 | 58 | 68 | 76 | 82 | 90 | 98 |
| KHS1 | | 20 | 26 | 33 | 47 | 57 | 66 | 74 | 81 | 90 | 98 |
| KH142 | | 19 | 24 | 29 | 43 | 55 | 66 | 74 | 81 | 91 | |
| KH141 | | 20 | 28 | 37 | 50 | 61 | 70 | 78 | 84 | 92 | |
| TK10 | | 20 | 25 | 29 | 42 | 53 | 61 | 69 | 78 | 85 | 92 |
| TT28 | | 20 | 26 | 32 | 46 | 58 | 68 | 76 | 83 | 91 | 98 |
| TK8 | | 20 | 26 | 32 | 45 | 56 | 66 | 74 | 81 | 89 | |
| TC190 | | 20 | 29 | 40 | 55 | 67 | 75 | 83 | 91 | | |
| TC189 | | 20 | 24 | 31 | 45 | 56 | 65 | 75 | 80 | 89 | 97 |
| TC65 | | 20 | 27 | 36 | 49 | 59 | 68 | 76 | 84 | 91 | 98 |
| TC180 | | 20 | 25 | 33 | 45 | 56 | 68 | 75 | 82 | 90 | 98 |
| TK6 | | 20 | 27 | 34 | 47 | 58 | 66 | 74 | 81 | 89 | 99 |
| TNG67 | | 20 | 27 | 36 | 51 | 63 | 70 | 78 | 84 | 92 | |
| TNG70 | | 20 | 26 | 35 | 49 | 61 | 71 | 79 | 85 | 93 | |
| CH64 | | 19 | 26 | 32 | 47 | 58 | 68 | 75 | 82 | 91 | 99 |
| CH56 | | 20 | 26 | 35 | 49 | 60 | 69 | 77 | 83 | 92 | |
| TP309 | | 18 | 26 | 36 | 49 | 60 | 69 | 76 | 83 | 91 | 99 |
| KF1 | | 20 | 25 | 31 | 45 | 57 | 65 | 74 | 81 | 88 | 96 |
| CNG242 | | 19 | 27 | 34 | 47 | 58 | 67 | 75 | 82 | 89 | 96 |
| CN8 | | 20 | 26 | 36 | 47 | 56 | 65 | 71 | 79 | 87 | |

[a] DAT: days after transplanting , [b] EHUS: effective heat unit summation (℃ day)

Table 2. Varietal difference in effective heat unit summation and growth days for leaf emergence with leaf number and leaf number index of twenty-five varieties during the 1st crop season, 1996.

| | DAT[a] 0 | 8 | 18 | 25 | 31 | 39 | 45 | 52 | 62 | 65 | 73 | 80 | 90 | 95 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variety | EHUS[b] 0 | 68.1 | 155.4 | 195.9 | 260.0 | 338.7 | 428.9 | 515.9 | 622.1 | 659.8 | 745.0 | 818.7 | 955.9 | 1034.6 |
| | | | | | | | leaf number | | | | | | | |
| TK11 | 2.96 | 3.52 | 4.98 | 5.67 | 6.92 | 8.61 | 10.28 | 11.86 | 13.02 | 13.37 | 14.26 | 15.15 | 16.29 | |
| KH10 | 2.89 | 3.49 | 5.07 | 5.97 | 7.08 | 8.16 | 9.92 | 11.66 | 12.73 | 13.18 | 13.93 | 14.60 | 15.50 | 16.64 |
| TN9 | 3.01 | 3.56 | 5.22 | 6.12 | 7.21 | 8.06 | 9.78 | 11.48 | 12.57 | 13.08 | 13.88 | 14.61 | 15.50 | 16.63 |
| TN6 | 3.08 | 3.64 | 5.00 | 5.91 | 6.99 | 8.31 | 10.08 | 11.62 | 13.22 | 13.61 | 14.61 | 15.32 | 16.15 | |
| TN5 | 3.02 | 3.54 | 5.09 | 5.88 | 6.89 | 7.99 | 9.59 | 11.28 | 12.38 | 13.13 | 13.91 | 14.62 | 15.40 | 16.56 |
| TT27 | 3.00 | 3.48 | 5.00 | 5.82 | 6.92 | 7.89 | 9.82 | 11.49 | 13.14 | 13.93 | 14.52 | 15.37 | 16.10 | |
| KHS1 | 3.00 | 3.67 | 5.18 | 5.99 | 7.0 | 8.69 | 10.30 | 10.30 | 11.81 | 13.16 | 13.64 | 14.46 | 15.16 | |
| KH142 | 2.86 | 3.46 | 5.02 | 6.00 | 7.02 | 7.96 | 9.88 | 11.17 | 12.40 | 12.84 | 13.74 | 14.56 | | |
| KH141 | 2.90 | 3.51 | 5.02 | 5.93 | 6.99 | 8.46 | 10.33 | 11.74 | 13.09 | 13.58 | 14.36 | 14.84 | 16.36 | |
| TK10 | 2.96 | 3.42 | 4.88 | 5.66 | 6.99 | 8.03 | 9.71 | 11.38 | 12.63 | 13.06 | 13.77 | 14.49 | 15.43 | |
| TT28 | 2.96 | 3.61 | 4.83 | 5.59 | 6.61 | 7.82 | 9.62 | 11.31 | 12.61 | 12.97 | 13.80 | 14.64 | 15.62 | |
| TK8 | 3.00 | 3.54 | 4.91 | 5.71 | 6.73 | 7.61 | 9.18 | 10.76 | 12.05 | 12.55 | 13.34 | 14.00 | 14.96 | |
| TC190 | 2.88 | 3.42 | 4.67 | 5.47 | 6.36 | 7.31 | 8.90 | 10.38 | 11.70 | 12.07 | 12.96 | 14.14 | | |
| TC189 | 2.97 | 3.45 | 5.01 | 5.73 | 6.84 | 8.13 | 9.72 | 11.18 | 12.25 | 12.78 | 13.45 | 14.17 | 15.25 | |
| TC65 | 3.10 | 3.86 | 5.18 | 6.21 | 7.46 | 8.91 | 10.65 | 12.41 | 13.66 | 14.11 | 14.79 | 15.45 | 16.34 | |
| TC180 | 3.05 | 3.69 | 5.37 | 6.41 | 8.09 | 9.38 | 10.80 | 12.52 | 13.74 | 14.18 | 14.85 | 15.59 | 16.38 | |
| TK6 | 3.01 | 3.65 | 5.07 | 5.97 | 6.99 | 8.12 | 9.82 | 11.32 | 12.61 | 13.03 | 13.78 | 14.55 | 15.59 | |
| TNG67 | 3.01 | 3.68 | 5.21 | 6.11 | 7.71 | 9.10 | 10.81 | 12.19 | 13.34 | 13.85 | 14.47 | 15.20 | 16.14 | |
| TNG70 | 2.90 | 3.55 | 5.17 | 5.87 | 7.17 | 8.23 | 9.64 | 11.10 | 12.26 | 12.77 | 13.30 | 14.22 | 14.96 | |
| CH64 | 2.96 | 3.67 | 4.88 | 5.56 | 6.56 | 7.63 | 9.25 | 10.95 | 12.33 | 12.81 | 13.60 | 14.33 | 15.53 | 16.82 |
| CH56 | 2.97 | 3.57 | 5.08 | 5.9 | 7.2 | 8.13 | 9.95 | 11.63 | 12.89 | 13.40 | 14.10 | 14.88 | 15.80 | |
| TP309 | 3.04 | 3.62 | 5.04 | 5.89 | 7.25 | 8.53 | 10.22 | 11.88 | 13.19 | 13.62 | 14.40 | 15.02 | 15.88 | |
| KF1 | 3.00 | 3.62 | 5.03 | 5.92 | 7.31 | 8.20 | 9.75 | 11.33 | 12.65 | 13.16 | 13.83 | 14.51 | 15.27 | |
| CNG242 | 2.93 | 3.47 | 4.89 | 5.62 | 6.72 | 7.83 | 9.47 | 10.87 | 12.08 | 12.54 | 13.27 | 13.94 | 14.86 | |
| CN8 | 2.99 | 3.44 | 4.80 | 5.41 | 6.61 | 7.78 | 9.51 | 11.04 | 12.52 | 12.95 | 13.73 | 14.23 | 15.38 | 16.56 |
| | | | | | | | leaf number index (%) | | | | | | | |
| TK11 | 18 | 21 | 30 | 34 | 42 | 52 | 62 | 72 | 79 | 81 | 86 | 92 | 99 | |
| KH10 | 17 | 20 | 29 | 35 | 42 | 48 | 58 | 69 | 75 | 78 | 82 | 86 | 91 | 98 |
| TN9 | 18 | 21 | 31 | 36 | 43 | 48 | 58 | 69 | 75 | 78 | 83 | 87 | 93 | 99 |
| TN6 | 17 | 21 | 28 | 33 | 40 | 47 | 58 | 66 | 76 | 78 | 83 | 88 | 92 | |
| TN5 | 18 | 21 | 30 | 34 | 41 | 47 | 56 | 66 | 73 | 77 | 82 | 86 | 91 | 97 |
| TT27 | 17 | 20 | 29 | 33 | 39 | 45 | 56 | 66 | 75 | 80 | 83 | 88 | 92 | |
| KHS1 | 17 | 21 | 30 | 34 | 40 | 50 | 60 | 68 | 76 | 79 | 84 | 88 | 94 | |
| KH142 | 18 | 22 | 32 | 38 | 45 | 51 | 64 | 72 | 80 | 83 | 89 | 94 | | |
| KH141 | 17 | 21 | 30 | 36 | 42 | 51 | 63 | 71 | 79 | 82 | 87 | 90 | 99 | |
| TK10 | 18 | 21 | 30 | 34 | 43 | 49 | 59 | 69 | 77 | 79 | 83 | 88 | 94 | |
| TT28 | 18 | 22 | 30 | 34 | 41 | 48 | 59 | 70 | 78 | 80 | 85 | 90 | 96 | |
| TK8 | 19 | 22 | 30 | 35 | 42 | 47 | 56 | 66 | 74 | 77 | 82 | 86 | 92 | |
| TC190 | 20 | 23 | 32 | 37 | 44 | 50 | 60 | 71 | 80 | 83 | 89 | 97 | | |
| TC189 | 18 | 21 | 30 | 35 | 41 | 49 | 59 | 68 | 74 | 77 | 82 | 86 | 92 | |
| TC65 | 18 | 23 | 30 | 36 | 44 | 52 | 63 | 73 | 80 | 83 | 87 | 91 | 96 | |
| TC180 | 18 | 21 | 31 | 37 | 47 | 54 | 62 | 72 | 79 | 81 | 85 | 89 | 94 | |
| TK6 | 19 | 22 | 31 | 37 | 43 | 50 | 60 | 70 | 78 | 80 | 85 | 90 | 96 | |
| TNG67 | 19 | 22 | 31 | 36 | 46 | 54 | 64 | 72 | 78 | 81 | 85 | 89 | 95 | |
| TNG70 | 18 | 22 | 33 | 37 | 45 | 52 | 61 | 70 | 78 | 81 | 84 | 80 | 95 | |
| CH64 | 17 | 21 | 29 | 33 | 39 | 45 | 54 | 64 | 73 | 75 | 80 | 84 | 91 | 99 |
| CH56 | 18 | 21 | 30 | 35 | 42 | 48 | 59 | 68 | 76 | 79 | 83 | 88 | 93 | |
| TP309 | 18 | 21 | 30 | 35 | 43 | 50 | 60 | 70 | 78 | 80 | 85 | 88 | 93 | |
| KF1 | 18 | 22 | 31 | 36 | 45 | 50 | 59 | 69 | 77 | 80 | 84 | 88 | 93 | |
| CNG242 | 19 | 22 | 31 | 36 | 43 | 50 | 60 | 69 | 77 | 80 | 84 | 89 | 94 | |
| CN8 | 18 | 20 | 28 | 32 | 39 | 46 | 57 | 66 | 75 | 77 | 82 | 85 | 92 | 99 |

[a,b] see Table 1

Table 3. Varietal variation of leaf emergence rate on leaf number(LN) and leaf number index(LNI) during leaf emergence period of the 2nd crop season, 1995.

| DAT | 0 | 5 | 10 | 17 | 24 | 30 | 36 | 43 | 51 | 58 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EHUS[a] | 0 | 110 | 213 | 364 | 512 | 643 | 778 | 924 | 1062 | 1203 |
| LN | 3.1 | 4.1 | 5.4 | 7.6 | 9.3 | 10.8 | 12.1 | 13.1 | 14.4 | 15.6 |
| | (4.2)[b] | (6.3) | (9.2) | (7.0) | (5.5) | (5.1) | (4.5) | (4.1) | (3.9) | (3.7) |
| ℃day/LN | 114 | 91.4 | 68.8 | 84.5 | 89.9 | 106 | 137 | 108 | 103 | |
| LNI(%) | 20 | 26 | 34 | 48 | 59 | 69 | 77 | 84 | 91 | 98 |
| | (3.8) | (6.4) | (10) | (8.1) | (6.7) | (5.9) | (4.9) | (4.3) | (3.5) | (1.8) |
| ℃day/LN | 18.9 | 15.2 | 11.4 | 14.0 | 14.9 | 17.7 | 22.8 | 18.0 | 17.2 | |

[a] EHUS: effective heat unit summation, [b] coefficient of variation.

Table 4. Varietal variation of leaf emergence rate on leaf number(LN) and leaf number index(LNI) during leaf emergence period of the 1st crop season, 1996.

| DAT | 0 | 8 | 18 | 25 | 31 | 39 | 45 | 52 | 62 | 65 | 73 | 80 | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EHUS[a] | 0 | 68 | 155 | 196 | 260 | 339 | 429 | 516 | 622 | 660 | 745 | 818 | 956 |
| LN | 3.0 | 3.6 | 5.0 | 5.9 | 7.0 | 8.2 | 9.9 | 11.5 | 12.7 | 13.2 | 14.0 | 14.7 | 15.7 |
| | (2.1)[b] | (3.0) | (3.1) | (4.0) | (5.3) | (6.3) | (4.8) | (4.4) | (4.0) | (3.9) | (3.6) | (3.3) | (3.1) |
| ℃day/LN | 115.9 | 59.8 | 48.9 | 54.7 | 67.2 | 53.6 | 55.2 | 82.4 | 76.5 | 117 | 217 | 99.0 | |
| LNI(%) | 18 | 21 | 30 | 35 | 42 | 49 | 60 | 69 | 77 | 80 | 84 | 89 | 94 |
| | (4.2) | (3.8) | (3.9) | (4.4) | (5.1) | (5.0) | (4.4) | (3.5) | (2.8) | (2.6) | (2.6) | (3.5) | (2.5) |
| ℃day/LNI | 19.26 | 9.94 | 8.11 | 9.09 | 11.17 | 8.91 | 9.18 | 13.68 | 12.7 | 19.44 | 36.0 | 16.45 | |

[a] EHUS: effective heat unit summation, [b] coefficient of variation.

之氣溫較低，故水稻達劍葉抽出之日數較二期作爲長，唯若以有效累積熱單位而言，一期作水稻達劍葉抽出所需者較二期作爲低（表3 及表 4）。Matsushima (1980) 謂：在正常氣候及相同栽培技術下，同一品種水稻每年在相同時間播種，其主莖上之總葉數應是相同的。由於台灣一、二期作間溫度變化差異大，致使水稻在不同期作間葉齡之變異甚大。由25 個參試品種之葉片發育進度與有效累積熱單位間之關係顯示，早、中晚熟水稻品種之葉齡 (LN) 及葉齡指數 (LNI) 與有效累積熱單位間具有高度之直線關係，兩期作相關係數值均達 0.98 以上 (圖 1 及圖2)，顯示由有效累積熱單位進行水稻葉齡及葉齡指數之估測應是可行之途。以葉齡估測葉片生長速率而言，早、中晚熟品種間並無顯著差異 (斜率相近)，但就葉齡指數而言，早熟品種之斜率較晚熟品種爲高，換言之，水稻葉片之抽出速率在不同成熟性品種間並無顯著差異，唯因早熟品種之總葉數較少，所以其葉齡指數之進展較快。又，因水稻全生育期之總葉數易受環境影響而改變，而葉齡指數則不會有此困擾，因此，以有效累積熱單位進行水稻葉片抽出速率之測定，繼而進行生育階段之估測應以葉齡指數爲對象之準確性較高。有效累積熱單位對一、二期作水稻葉齡及葉齡指數之效應，以一期作較高 (斜率較大)，Kropff 等 (1995) 謂：溫度對水稻生育之影響除降低至基礎溫度促使生長停止外，當溫度昇高至超過生長作用速率最高之最適溫度 (optimum

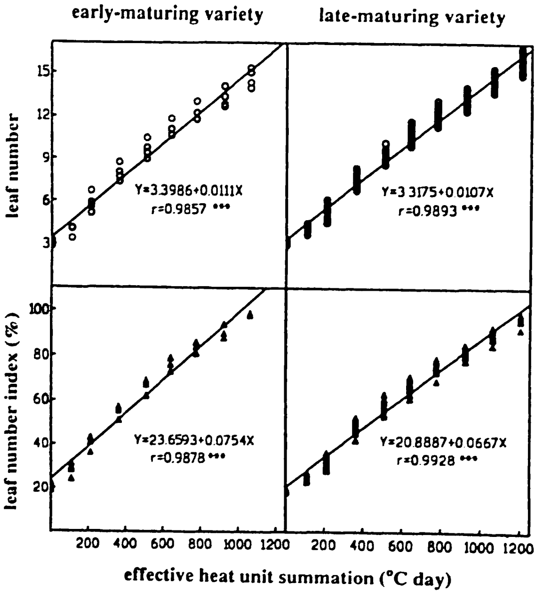


Fig.1. The relationship between effective heat unit summation and leaf emergence process during the 2nd crop season,1995 *** : p<0.001.

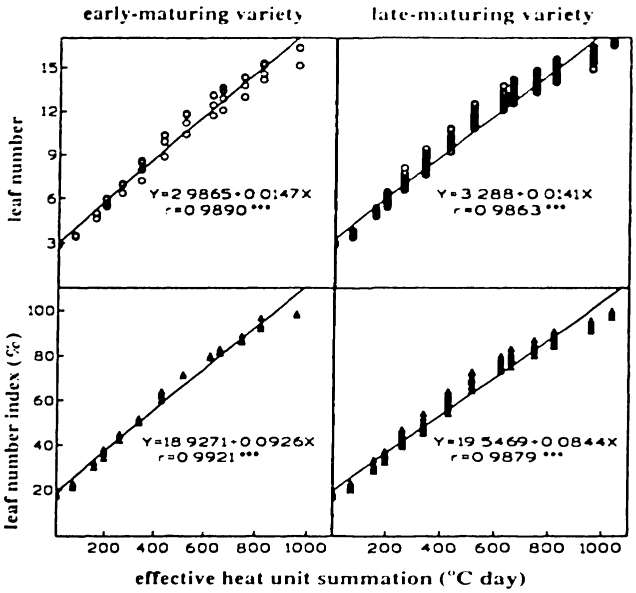


Fig.2. The relationship between effective heat unit summation and leaf emergence process during the 1st crop season,1996. *** : p<0.001.

temperature) 後，則會因溫度之再昇高而使生長速率下降。二期作水稻葉片伸展期間，可能因水稻實際處於高於最適溫度之環境下，但計算有效累積熱單位時未加以考慮，降低單位有效熱單位之效應。故此高於最適溫度之環境對水稻葉片生育影響及其反應型式有進一步研究之必要。由於水稻器官間具有密切的同步生長關係，因此，利用葉齡及葉齡指數以表示水稻不同生育階段，較生育日數更能正確反映稻株的生理年齡或實際生育狀態 (Matsushima, 1979)。

另由圖 1 及圖 2 中亦發現水稻移植後初期及葉片伸展後期葉片之抽出速率較全期之平均爲低，此值得更進一步探討，故我們以各調查日期間增加之葉齡及葉齡指數與該時段之有效累積熱單位，進行分析單位葉齡或葉齡指數伸長所需之有效累積熱單位，結果顯示移植後初期及葉片伸展後期之單位葉齡及葉齡指數所需之有效累積熱單位確比其它時期爲高 (表3 及表4)，由於水稻插植後至葉片開始伸長之活著期間有一時段，此一時段之長短因環境不同而異，故在未能確切測定達活著期之日數下，以插植後日數進行葉齡伸長之估測會有低估之嫌，亦即，插植後至初次調查之日的單位葉齡及葉齡指數伸長所需之有效累積熱單位將較高。由試驗中亦發現當水稻葉齡指數超過70 至75 以後，單位葉齡指數伸長所需之有效累積熱單位高於該時期之前單位葉齡指數伸長所須之熱單位，Matsushima (1980) 謂此時期水稻將由營養生長轉入爲生殖生長，水稻內部同化物質除供應葉片伸長所需外，亦需供予幼穗分化發育所需，故致使葉片之抽出速率下降。因此，我們將各期作所調查之水稻葉齡指數，配合Matsushima (1980) 所述之水稻各生育階段與葉齡指數之關係，結合生育日數及有效累積熱單位進行分析，結果顯示在二期作營養生長期及生殖生長期之單位葉齡或葉齡指數伸長所需之日數間無顯著差異，但一期作間則存在有顯著差異

Table 5. Leaf emergence rate during the vegetative growth phase (VP) and reproductive growth phase (RP) of rice calculated on leaf number (LN) and leaf number index (LNI)(%) by method of period-day of twenty-five varieties.

| | 2nd crop, 1995 | | 1st crop, 1996 | |
|---|---|---|---|---|
| | VP | RP | VP | RP |
| day/LN | 5.43 ±0.280[a] | 6.01 ±0.369 | 4.47 ±0.542 | 8.87 ±0.926 |
| | (4.97 ～5.97)[b] | (5.13 ～6.64) | (3.71 ～5.58) | (7.00 ～10.11) |
| day/LNI | 0.86 ±0.042 | 0.95 ±0.059 | 0.74 ±0.100 | 1.45 ±0.155 |
| | (0.80 ～0.95) | (0.81 ～1.07) | (0.59 ～0.92) | (1.17 ～1.73) |

[a] mean ± S.D of twenty-five varieties, [b] growth rate range of twenty-five varieties.

Table 6. Leaf emergence rate during the vegetative growth phase (VP) and reproductive growth phase (RP) of rice calculated on leaf number (LN) and leaf number index (LNI)(%) by method of period-temperature of twenty-five varieties.

| | 2nd crop, 1995 | | 1st crop, 1996 | |
|---|---|---|---|---|
| EHUS[c] | VP | RP | VP | RP |
| ℃.day/LN | 82.90 ±4.82[a] | 117.50 ±7.21 | 58.1 ±4.6 | 105.90 ±8.57 |
| | (74.86 ～92.93)[b] | (98.86 ～129.03) | (50.66 ～68.80) | (80.52 ～114.69) |
| ℃.day/LNI | 13.10 ±0.78 | 18.60 ±0.99 | 9.59 ±0.89 | 17.29 ±1.88 |
| | (11.63 ～14.89) | (16.31 ～20.24) | (8.06 ～11.34) | (11.64 ～20.00) |

[a], [b] see Table 5. , [c] EHUS: effective heat unit summation.

(表5)，但就兩期作間之營養生長期及生殖生長期分別比較單位葉齡或葉齡指數伸長所需之日數，結果顯示期作間營養生長期無顯著差異，但生殖生長期間則有顯著差異。另分析不同生長期單位葉齡及葉齡指數伸長所需之有效累積熱單位，結果顯示兩期作之生殖生長期均較營養生長期爲高，唯在期作間，營養生長期所需之有效累積熱單位於二期作較一期作爲高，但生殖生長期則無顯著差異 (表6)，此與林 (1973) 在組織學上之解剖觀察試驗結果相似，因此，若欲以葉齡指數估測水稻生育進度，應以不同期作、秈粳稻或不同品種分別建立葉齡指數與水稻生育間之關係。

中國大陸學者針對葉齡模式應用於估測水稻生育階段之研究上，提出與葉齡指數稍有差異之葉齡餘數的估測方法，葉齡餘數即是水稻主莖上尚未抽出之葉數，據其研究結果，顯示不論水稻品種之總葉數多少，幼穗分化開始的葉齡餘數值均在3.5左右 (凌, 1991)。劉 (1990) 亦曾利用溫度單位作爲劃分水稻生育期可行性之研究,發現劃分各生育階段較傳統之生育日數法穩定,其定基礎溫度爲 12.5 ℃，但在一般作物發育氣候模式中多以 8 ℃作爲基礎溫度 (Hodges, 1991)，唯若干學者均曾指出以8 ℃作爲基礎溫度尙有討論空間，因爲基礎溫度不但因物種之不同而異，即同一物種內的不同品種間，甚至同一品種之不同發育階段之間也有明顯的差異 (Keulen and Wolf, 1986; Jones et al., 1987; Ebata, 1990)。Sato 及 Takahash (1983) 則認爲水稻在幼穗分化之前，其莖頂分生組織位在較田間水面爲低之莖基部，在進行溫度對水稻發育

影響之研究時，營養生長期應考慮水溫 (或地溫) 之效應。Yamamoto 等 (1994) 則認爲水稻發育進度與葉齡間的關係，會因插秧時的秧苗數之增加而下降，亦即，葉齡數會因秧苗數之增加而下降。劉 (1990) 認爲不同時期插植，生育至各階段之生育度數應相近，本試驗結果顯示水稻各品種發育之各不同生育時期所需累積熱單位二期作較一期作低，但因一期作生育日數較長，所累積之基礎溫度亦較高。

以水稻葉齡指數代替傳統生育日數作爲生育期之表達方式，雖較麻煩，且水稻葉片數目亦受環境影響而改變，但在未有其他較佳的方式呈現作物生育階段的情況下，卻較能反映稻株實際狀態 (林, 1973；謝, 1978)。Matsushima (1980) 謂：水稻有效分蘗終期需等到近成熟期方能知曉，所以利用上應以吾人所需之目標穗數而非最後穗數，方有利於田間栽培管理，因此，若以本試驗所得之結果將來配合水稻分蘗變化之過程，當可了解水稻單位面積分蘗數之進展，較能確切掌握單位面積穗數之訊息，以行正確之田間栽培管理措施。利用累積熱單位預測作物生長期，除需瞭解溫度外，尙包括光照、土壤、水分及作物本身的發育，因此，欲以熱單位模式來預測作物生長期，應在廣泛的環境之下蒐集具有代表性的資料，以作爲建立模式的基礎 (Daughtry et al., 1984; Russelle et al., 1984; 許, 1990)。就水稻產量而言, 氣象變數透過其對各構成因素的影響, 因而間接影響產量 (鄔, 1979)。故經由氣象變數對各構成因素影響的研究，再據之探討氣象變數對產量的影響，應是較合理且可行的途徑 (李, 1990)。惟就水稻產量構成因素決定時期之探討，於解剖學上之研究雖甚多, 但無法由稻株外在之特徵得知，故本試驗所採用之葉齡指數的方法應是較可行的方式。但在目前作物發育氣候學 (Phenology) 研究相當風盛之際，未來亦應針對此一方向探討水稻生長發育與氣候間的關係，試圖利用氣候因子之變化預測水稻之生育期，並探究了解各產量構成因素之決定時期。利用此技術於栽培措施上可因實際田間狀況施予不同處理，因而改善產量構成因素之結構，因此當我們進行水稻生育量及產量評估技術之探究時，可因水稻產量構成因素相承發育特性之結果，尋求一改善水稻產量構成因素結構之栽培措施方法,此則可提高農民生產效率。

## 引用文獻


李蒼郎 1990 氣象因子對水稻產量構成因素之影響及產量估計模式。國立中興大學農藝學研究所碩士論文 pp.83 。

林明華 1973 葉齡指數與幼穗發育及分蘗關係研究。中華農業研究 23:176-197

許福星 1990 度積溫在作物栽培管理上之應用。科學農業 38:138-141 。

凌啓鴻 1991 水稻葉齡模式的應用。pp1-18. 江蘇科學出版社。

劉瑋婷 1990 溫度單位對水稻植株生育及產量之影響。國立中興大學農藝學研究所碩士論文 pp.76 。

鄔宏潘 1979 氣象因素及地區對一、二期作稻產量之影響。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集 pp.39-48 。

謝順景 1978 台灣一、二期作稻產量構成因素及其性狀表現之差異。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集 pp49-60 。

Daughtry, C. S. T. and E. Hollinger. 1984. Estimating silking and maturity dates of corn for large areas. Agron. J. 76: 415-420.

Ebata, M. 1990. Effective heat unit summation and base temperature on the development of rice plant. Japan. J. Crop Sci. 59:225-232.

Hodges, T. 1991. Crop growth simulation and the role of phenology models. *In: Predicting Crop Phenology.* T. Hodges. (ed.) pp3-6. CRC

Press, Inc. Florida.

Horie, T., M. Yajima and H. Nakagawa. 1992. Yield forecasting. Agricultural system 40: 211-236.

Jones, J. W., J. W. Mishoe and K. J. Boote. 1987. Introduction to simulation and modelling. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific region. Tech. Bull. No.100. pp19.

Matsushima, S. 1979. *Crop Science in Rice.* pp.284-299. Fuji Publishing Co.,Ltd. Tokyo.

Matsushima, S. 1980. *Rice Cultivation for the Million.* p25-55. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.

Russele, M P., W. W. Wilhelm, R. A. Olson and J. F. Power. 1984. Growth analysis base on degree days. Crop Sci. 24:28-32.

Sato, T. and N. Takahashi. 1983. The effect of air and water temperature on the number of days to heading in Japonica rice cultivars. Japan. J. Breed. 33:111-118.

Yamamoto, Y., S. Kawaguchi and W. Takahashi. 1994. Application of developmental model for analysis of growth and development of rice transplanted in different plant numbers per hill. Japan. J. Crop Sci. 63:208-214.